

# HİDROELEKTRİK SANTRAL PLANLAMA VE İŞLETMESİNDE YÜKSEK AKIMLARIN MEVSİMSELLİĞİNİN BELİRLENMESİ

**Prof. Dr. Bihrat Önöz**

İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü

**Araş. Gör. Aslıhan Albostan**

İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü

## ÖZET

Birincil enerji kaynaklarının etkin kullanımı kalkınmanın sürdürülebilir kılınması açısından çok büyük önem arz etmektedir. Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en önemli yeri olan hidroelektrik potansiyelden etkin olarak faydalanılamamaktadır. Su kaynaklarımızın verimli şekilde kullanılması, geleceğe yönelik su kaynakları sistemlerinin doğru şekilde planlanması ve işletilmesine bağlıdır. Biriktirmeli veya biriktirmesiz sistemler ile hidroelektrik enerji üretmek için yapılacak yapıların taşkınlara karşı korunması çalışmaları, kurulu güç belirlenmesi gibi çalışmalar ise büyük önem arz etmektedir. Özellikle taşkınlar barajların mansaplarında çok büyük can ve mal kaybına sebebiyet verebilmektedir. Bu nedenle su kaynaklarımıza ait verilerin doğru olarak ölçülmesine, analizine ve akımların güvenilir tahminlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut ölçümler ise özellikle ülkemizde yetersiz olup birçok akarsu havzasında ölçüm bulunmamaktadır. Bu nedenle mevcut ölçümlerden yararlanılarak tahminler yapılmaya çalışılmaktadır. Ayrıca bölgesel analiz ile de ölçüm olmayan havzalarda akım tahminleri yapılabilmektedir. Yüksek akım verilerinin klasik inceleme yöntemlerinin yanısıra iklim değişiminin önem kazandığı günümüzde mevsimselliğinin incelenmesi ve akımların doğru tahmin edilmesi, mevcut ve ileride planlanacak su kaynakları sistemlerinin doğru ve akılcı politikalarla işletilmesi açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada; Orta Fırat havzası, Fırat Nehri Murat kolu üzerinde günlük akımlar kullanılarak yüksek akımların yıl içindeki mevsimselliği belirlenmiş olacaktır. Orta Fırat havzası üzerindeki Murat Kolu, hidroelektrik potansiyel bakımından çok zengin olmasına rağmen bu potansiyel henüz tam olarak değerlendirilememiştir. Bölgenin analizi, sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde, çevreye uyumlu temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının büyük önem kazandığı günümüzde varolan hidroelektrik potansiyelimizin tamamının kullanımı açısından büyük önem arz etmektedir.

Sonuçlar özellikle biriktirmesiz hidroelektrik tesislerin planlanması, kurulu güç belirlenmesi, taşkın analizi, sulama gibi su kaynakları mühendisliğini ilgilendiren birçok projenin geleceği açısından önem taşımaktadır.

## **GİRİŞ**

Birincil enerji kaynaklarının etkin kullanımı kalkınmanın sürdürülebilir kılınması açısından çok büyük önem arz etmektedir. Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en önemli yeri olan hidroelektrik potansiyelden etkin olarak faydalanılamamaktadır. Su kaynaklarımızın verimli şekilde kullanılması, su kaynakları sistemlerinin geleceğe yönelik doğru şekilde planlanması ve işletilmesine bağlıdır. Biriktirmeli veya biriktirmesiz sistemler ile hidroelektrik enerji üretmek için yapılacak yapıların taşkınlara karşı korunması çalışmaları, kurulu güç belirlenmesi gibi çalışmalar ise büyük önem arz etmektedir. Özellikle taşkınlar barajların mansaplarında çok büyük can ve mal kaybına sebebiyet verebilmektedir. Bu nedenle su kaynaklarımıza ait verilerin doğru olarak ölçülmesine, analizine ve akımların güvenilir tahminlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut ölçümler ise özellikle ülkemizde yetersiz olup birçok akarsu havzasında ölçüm bulunmamaktadır. Bu nedenle mevcut ölçümlerden yararlanılarak tahminler yapılmaya çalışılmaktadır. Ayrıca bölgesel analiz ile de ölçüm olmayan havzalarda akım tahminleri yapılabilmektedir. Yüksek akım verilerinin klasik inceleme yöntemlerinin yanı sıra iklim değişiminin önem kazandığı günümüzde mevsimselliğinin incelenmesi ve akımların doğru tahmin edilmesi, mevcut ve ileride planlanacak su kaynakları sistemlerinin doğru ve akılcı politikalarla işletilmesi açısından önem arz etmektedir.

Akımların mevsimselliğinin belirlenmesinde bir çok yöntem kullanılabilir. Bu yöntemlerden; yönsel istatistik analiz ile, akımların oluşma zamanları gün cinsinden ifade edilmekte ve bu günler akım karakterlerine göre mevsimsellik uzayında belirlenebilmektedir. Mevsimsellik uzayında ise; farklı karakterdeki akımların yılın hangi zaman diliminde oluşabileceği rahatlıkla gözlenebilmektedir. Mevsimsellik analizi sayesinde, bu akımların bölgesel olarak hidrolojik karakterleri arasındaki benzerlikler elde edilerek daha sağlıklı işletme politikaları oluşturulabilecektir.

Bu çalışmada; Fırat nehri, Murat kolundaki Elektrik İşleri Etüd İdaresi'ne ait 5 adet akım istasyonundan, ölçülmüş 30 yıllık günlük akım değerleri alınarak bu verileri işleyen bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Her bir istasyon için boyutsuzlaştırılmış debi süreklilik eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen eğrilerin yüksek akımları temsil eden belirli yüzdelerine karşılık gelen

debi değerleri tarihlerine göre ayrılmış ve bu ayrılan tarihler yeni bir yöntem ile debilerin ortalama oluşma süresi ve doğrultusu bulunmuştur. Bu ortalama oluşma süresinin x ve y koordinatları hesaplanarak, bir eğri üzerine oturtulmuş ve eğriden elde edilecek sonuçlar ile istasyonlar arası benzerlik incelenmiştir. Hesaplanan mevsimsel istatistiklerin her istasyon için harita üzerine yerleştirilmiş ve debilerin değişkenliğinin ortalamanın tarihi üzerine etkisi belirlenerek havzaların benzerliğinin belirlenmesinde kullanılmış ve bu amaçla havzaların mevsimsellik uzayında ayrımını yapabilmek için Eucilidean mesafesi hesaplanmıştır.

Bu tür bir çalışma, bugüne kadar Türkiye’de yapılmamış olup, çalışmanın sonuçları su kaynakları mühendisliğini ilgilendiren projeler açısından önem taşımaktadır.

### **Mevsimsellik Ölçümleri**

Akımların oluşum tarihleri ve düzenliliği havzaların hidrolojik karakterlerindeki benzerliğinde göstergesidir. Akımların, oluşma zamanlarında meydana gelen mevsimsel davranışları aynı zamanda havzaların fiziksel, coğrafik ve meterolojik karakterlerinin de benzerliği olarak yorumlanmaktadır. Bu benzerliğe sahip havzalar, aynı zaman diliminde gelen akımlara karşı benzer özellikler göstermektedir [1].

Ölçüm verilerindeki eksiklerin su kaynakları yönetiminde problem olduğu günümüzde bu benzerlikler eksik verilerinin tamamlanması ve benzer havzalara tek bir işletme politikası uygulanması açısından önemli sonuçlar doğurmaktadır.

### **Yöntem**

Çalışma bölgesindeki havzaların büyüklüklerinin birbirinden farklı olduğu göz önünde bulundurulursa; özgül debiler kullanılarak elde edilen debi süreklilik eğrisi üzerinde çalışmak, havzaların karşılaştırılmasında kolaylık sağlayacaktır. Debi süreklilik eğrisi üzerinde, aşılma olasılıkları %5’e kadar olan bölge ve üzerinde kalan debiler değerleri çok yüksek olmasına rağmen zamanın çok küçük bir döneminde meydana gelmektedir. Zamanın düşük bir yüzdesinde oluşması sebebiyle, akımların oluşma tarihleri düzenli bir davranış sergileyebilmektedir. Bu bölgedeki akımlar, taşkın analizlerinde kullanılabilirler gibi günümüzde biriktirmesiz hidroelektrik santrallerinin kurulu güç hesaplarında da kullanılabilirlerdir. Bu bölgeden hesaplanan kurulu güçler çok yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Ülkemizin enerji gereksinimi göz önünde bulundurulduğunda, zamanın çok küçük bir kısmında da olsa bu büyük güçlere ulaşmak günümüzde projelendirilen tesislerde daha çok tercih edilmektedir.

Belirli aşılma olasılıklarına sahip akımların tarihleri belirlenecek olursa; bu tarihlerin radyan cinsinden açısal değeri hesaplanabilir.

1 Ocak 1. gün, 31 aralık 365. gün kabul edilerek, akımın oluşma tarihinin açısal değeri;

$$\theta = (JULDATE)_i \times \frac{2 \times \pi}{365}$$

(1)

olarak hesaplanır. Burada  $\theta$  ; herhangi bir akımın oluşma tarihinin radyan cinsinden açısal değeridir. Akım tarihi birim uzunlukta ve  $\theta$  yönünde vektöre çevrilebilir. Birim vektörün x ve y kordinatları n kadar akım için;

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \cos(\theta_i)$$

(2)

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \sin(\theta_i)$$

(3)

formülleriyle hesaplanır. Bu kordinatlardan akım tarihlerinin ortalama yönleri

$$\bar{\theta} = \arctan\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}}\right) \quad (\text{Kartezyen koordinat düzleminin 1. ve 4. bölgesi için: } x > 0) \quad (4)$$

$$\bar{\theta} = \arctan\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}}\right) + \pi \quad (\text{Kartezyen koordinat düzleminin 2. ve 3. bölgesi için: } x < 0) \quad (5)$$

$\bar{\theta}$  değeri tekrar güne çevrilecek olursa;

$$MD = \bar{\theta} \times \frac{365}{2 \times \pi}$$

(6)

Burada MD akımların ortalama tarihlerini gösteren gündür. MD değerleri benzer olan havzalar diğer hidrolojik karakterler açısından da benzer davranışlar gösterebilmektedir. Ortalama günler, havzanın boyutuna ve bulunduğu coğrafik bölgeye bağlıdır. N adet akımın; ortalama değer etrafındaki değişkenliği ise ;

$$\bar{r} = \sqrt{\bar{x}^2 + \bar{y}^2}$$

(7)

formülü ile hesaplanabilir.

Burada r verinin ortalama günler etrafında saçılmasının boyutsuz bir ölçüsüdür. r değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. r değerinin 1'e eşit olması akımların aynı günler içerisinde meydana geldiğini göstermektedir. Bu nedenle 1' e yaklaşan r değerlerine sahip akımlar oluşma zamanları açısından düzenlilik göstermektedir. r değerinin 0'a yakınsaması ise, akımların oluşma günleri arasındaki düzensizliğin bir göstergesidir.

Yukarıda anlatılan mevsimsellik uygulaması aynı zamanda havzalar arasındaki farklılığın hesaplanması için de bir yöntem oluşturmaktadır. Bu metod havzaların mevsimsellik uzayındaki dağılımın ölçüsünü gösterecek nümerik bir yöntemdir.

$$d_s^{ij} = [(\bar{x}_i^2 + \bar{x}_j^2)^2 + (\bar{y}_j^2 + \bar{y}_i^2)^2]^{0.5}$$

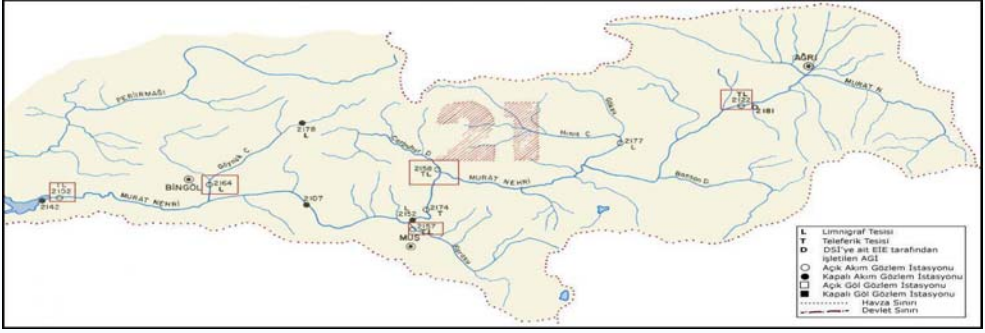
(8)

formülüyle hesaplanabilmektedir. Bu formül iki havza arasındaki "öklit" mesafesini göstermektedir.  $d_s^{ij}$  değerinin küçük olması gene havzalar arasındaki benzerliği göstermektedir. Bu değer ne kadar küçükse karşılaştırılan iki havza akımların davranışları bakımından gene hidrolojik karakterlerde benzer özellikler göstermektedir.

## UYGULAMA

### Uygulama Bölgesi:

Murat Nehri (*Murat Suyu* veya *Murat Irmağı*), Doğu Anadolu'da Fırat ırmağının iki kolundan uzun olanıdır. Uzunluğu 722 km'dir. Murat Nehri üzerinde ve kollarında Elektrik İşleri Etüd İdaresi tarafından işletilen 4 tanesi kapalı, 8 tanesi açık toplam 12 tane akım gözlem istasyonu bulunmaktadır. [7]



Şekil 1 İstasyonların Coğrafi Yerleri

### Çalışmada Kullanılan Veri:

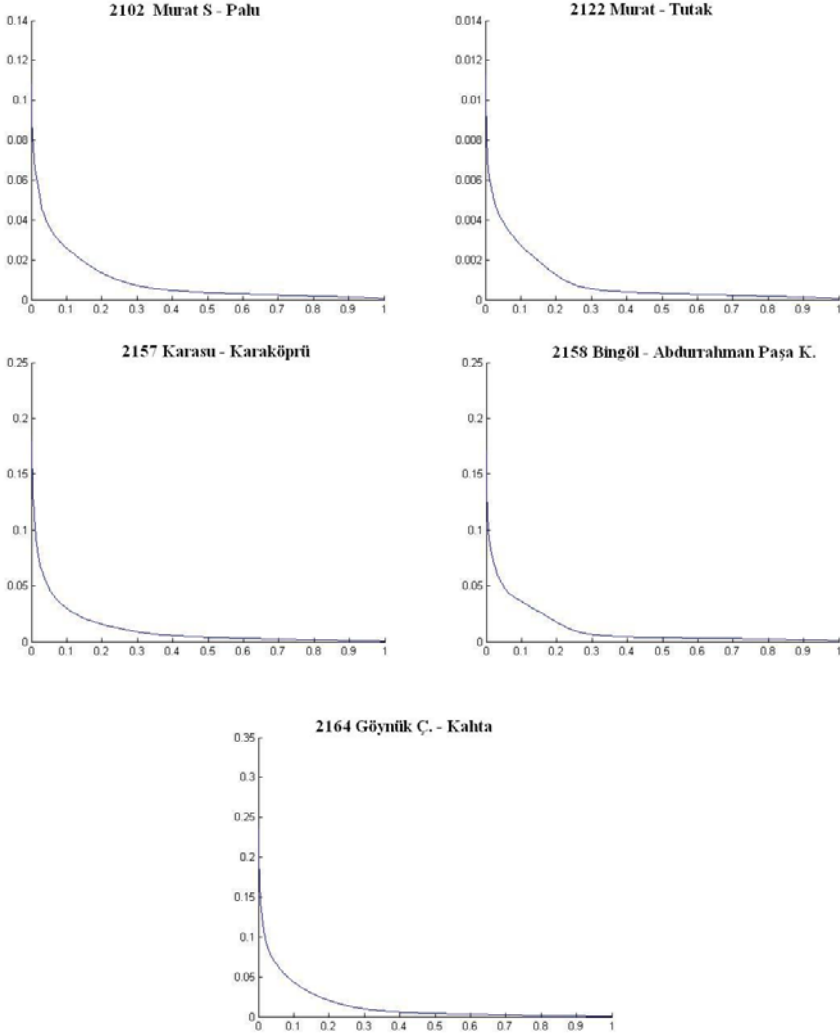
Çalışmada; Murat Nehri üzerindeki 2102 , 2122, 2157, 2158, 2164 numaralı akım gözlem istasyonlarından, 1970-2003 yılları arasındaki 33 yıllık günlük akım verileri EİE'den temin edilmiştir. İstasyonlara ait bazı bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 İstasyonların Fiziksel Özellikleri

### Uygulama Sonuçları

İstasyon adı	İst. No.	Yağış Alanı (km <sup>2</sup> )	Kot (m)
Murat S- Palu	2102	25514,6	859
Murat-Tutak	2122	5882,4	1552
Karasu-Karaköprü	2157	2098,4	1250
Bingöl Ç.-Abdurrahman Paşa K.	2158	1577,6	1310
Göynük Ç- Kahta	2164	2232	998

Çalışmada EİE 'den temin edilen 2102, 2122, 2157, 2158, 2164 numaralı istasyonların günlük akım verileri kullanılarak debi süreklilik eğrileri elde edilmiştir. Havza alanının mevsimsellik üzerinde bir etkisi olmadığı düşünülerek, istasyonların akım değerleri drenaj alanlarına bölünerek her bir istasyon için boyutsuzlaştırılmış özgül debi süreklilik eğrileri elde edilmiştir. İstasyonların boyutsuz debi süreklilik eğrileri Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2: İstasyonlardan Ede Edilmiş Debi Süreklilik Eğrileri

Debi süreklilik eğrilerinin %5 ve üzerinde kalan bölümündeki akım değerlerine yukarıda açıklanan yöntem uygulanarak elde edilen sonuçlar ise Tablo 2 ile gösterilmiştir.

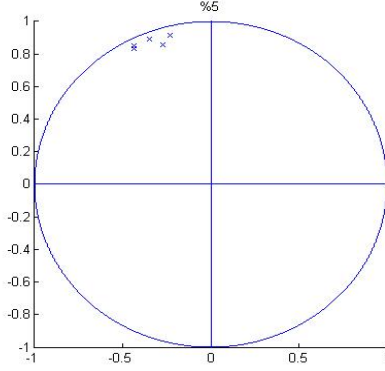
Tablo 2 İstasyonların mevsimsellik indisleri

İST. NO.	AŞILMA OLASILIĞI	x	y	Ø	MD	r
2102	5%	-0.35009	0.889141	1.945891863	113.0399	0.955580001
2122	5%	-0.43464	0.850328	2.043321628	118.6997	0.95497193
2157	5%	-0.22947	0.916818	1.816050058	105.4972	0.945099461

2158	5%	-0.43544	0.833345	2.052297426	119.2211	0.940250976
2164	5%	-0.27234	0.859035	1.877802687	109.0845	0.90117149

Akımların aynı zaman dilimi içerisinde oluşması, yani benzer mevsimsellik özellik göstermesi, bölgelerin hidrolojik olarak da benzer davranışlar göstermesi olarak düşünülebilir.

Bu amaçla; Şekil 3' te akımların yıl içindeki tarihlerinin açısıl değerinin x ve y koordinatları, birim daire üzerinde gösterilmiştir..

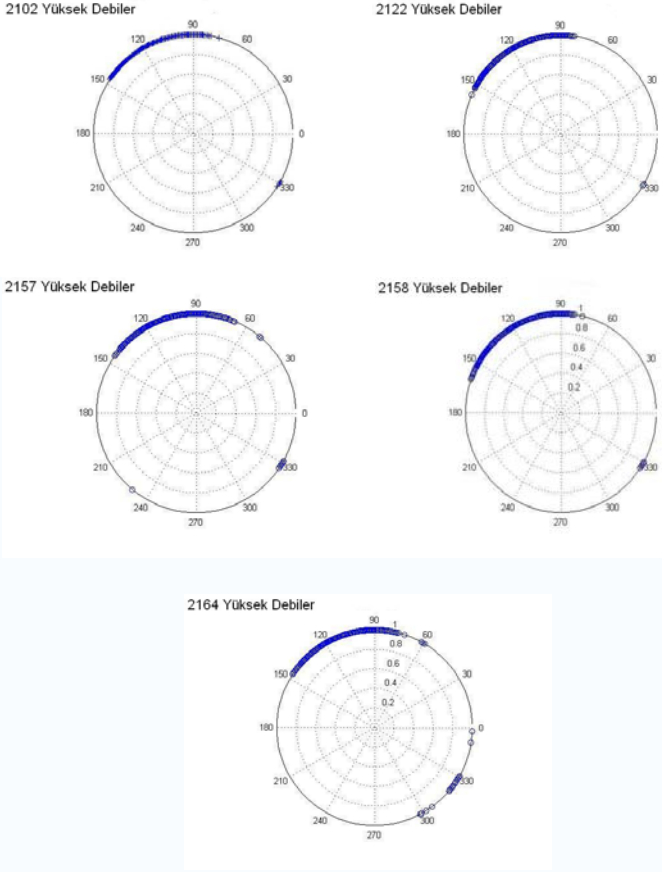


Şekil 3 İstasyonların mevsimsellik uzayındaki yeri

Mevsimsellik grafikleri üzerinde akımların tarihlerinin birim dairede merkeze veya kenara yakınlığı (7) formülü ile hesaplanan "r" 'nin göstergesidir. "r" verinin ortalama günler etrafında saçılmasının boyutsuz bir ölçüsüdür. r değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. r değerinin 1 eşit olması akımların aynı gün içerisinde meydana geldiğini göstermektedir. Bu nedenle 1' e yaklaşan r değerlerine sahip akımlar oluşma zamanları açısından düzenlilik göstermektedir. r değerinin 0 'a yakınsaması ise, akımların oluşma günleri arasındaki düzensizliğin bir göstergesidir. r aynı zamanda mevsimsellik uzayı üzerinde çizilmiş olan birim daire üzerinde dağılmış olan akımların tarihlerinin mevsimsellik kümelerinin yarıçaplarının bir ölçüsüdür. Açılma olasılığı %5 in üzerinde olan akımların tarihleri ise merkeze en uzak konumdadır. Bu düzenliliğe akımların zamanın küçük bir yüzdesinde meydana gelmesinin sebebiyet verdiği düşünülmektedir.

Mevsimsellik analizi aynı zamanda bölgelerin hidrolojik karakterleri arasındaki benzerlik hakkında da fikir vermektedir. Benzer mevsimsellik ölçütüne sahip bölgeler benzer hidrolojik karakterlere sahiplerdir. Bu benzerliğin gözlenmesi için istasyonlar için, (4) ve (5) formülleri ile hesaplanan akımların tarihlerinin açısıl değeri olan  $\theta$  ' ya göre çizilen bölgesel mevsimsellik daireleri elde edilmiştir.





Şekil 4 İstasyonların Mevsimsellik Uzağı

Şekil 4 'de görüldüğü üzere aşılma olasılığı %5'in üzerinde olan yüksek akımlar için 5 bölge birbirine çok yakın mevsimsel özellikler göstermektedir. Şekil 3'e benzer olarak istasyonlar için özgül mevsimsellik grafiklerinde de yüksek değerli akımların ilkbahar aylarında geldiği gözlenmektedir. Fakat yüksek debilerin bir kısmı ise 11. ayın ortalarına denk gelen 3. bölgede yer aldığı gözlenmektedir. Bu, yüksek akımların sadece kar erimelerinden dolayı değil sonbahar döneminde bölgenin yağış miktarının fazlalığı ve nehir akımlarının da bu sebeple yükseldiğinin bir göstergesi olmaktadır.

## SONUÇLAR

Çalışmada uygulama bölgesi olarak seçilen Orta Fırat Havzası üzerindeki istasyonlar arasında akımların oluşma günleri açısından yüksek oranda hidrolojik benzerlik olduğu saptanmıştır. Özellikle 2102-2122 ve 2157-2158 numaralı istasyonlarda benzerlik dikkat çekicidir. Tablo 1'de belirtilen istasyonların fiziksel özellikleri incelenecek olursa akımların oluşma günlerinin yağış alanı ve kottan bağımsız oldukları açıkça gözlenmektedir. Bu durum; hidroelektrik potansiyel belirlenirken elde edilecek olan debi süreklilik eğrisinin alandan bağımsızlaştırılarak özgül debiler ile elde edilmesinin gerekliliğini göstermektedir.

Şekil 3'te akımların oluşma günlerinin birbirine yakın olması mevsimsellik açısından benzer davranış göstermelerinin bir sonucudur Yoğunlaşmanın olduğu birim dairenin II. Bölgesi bahar aylarını sembolize etmektedir. Yılın 365 gün kabul edildiği birim dairede her 0.98 derecenin 1 güne karşılık geldiği düşünülerek, yüksek akımlar 89.(Mart 30) gün ve 177.(Mayıs 30) gün arasında kalan bölgede yer almaktadır. Bu duruma bahar yağışlarının ve kar erimelerinin sebebiyet verdiği anlaşılmaktadır. Bu günler arasında meydana gelebilecek herhangi bir taşkına karşılık önlem almak çok daha kolay olacaktır.

Akımların mevsimselliğinin belirlenmesinde birçok yöntem kullanılabilir. Bu yöntemlerden; yönel istatistik analiz ile akımların oluşma zamanları gün cinsinden ifade edilmekte ve bu günler akım karakterlerine göre mevsimsellik uzayında belirlenebilmektedir. Mevsimsellik uzayında ise; farklı karakterdeki akımların yılın hangi zaman diliminde oluşabileceği rahatlıkla gözlenebilmektedir. Mevsimsellik analizi sayesinde, bu akımların bölgesel olarak hidrolojik karakterleri arasındaki benzerlikler elde edilerek, genel bir işletme politikası ile birçok havza yönetilebilecektir.

Yüksek akımların önemi taşkınların temel unsurları olmasındandır. Enerji sistemlerinin çevre üzerinde yarattıkları olumsuz etkiler göz önüne alındığı zaman, taşkınlar yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük paya sahip olan hidroelektrik tesislerin çevre üzerindeki en büyük tehdidi olarak değerlendirilebilmektedir. Yüksek akım değerlerinin oluşma günlerinin mevsimsellik analizi ile belirlenmesi hidroelektrik santrallerin etkin, verimli ve çevreye dost planlanmasında ve işletilmesinde büyük fayda sağlayacaktır.

## **KAYNAKLAR**

- [1] Donald , H. Burn , “Catchment similarity for regional flood frequency analysis using seasonality measures” , Journal of Hydrology , 1997, Elsevier
- [2] Laaha G. ,Blöschl G., “Seasonality indices for regionalizing low flows”, Hydrological Processes
- [3] <http://www.dsi.gov.tr/>
- [4] Castellerian A. , Burn d. H. ,”Assesing the effectiveness of similarity measures for flood frequency anlysis”, Journal of hydrology , 2001, Elsevier.
- [5] [www.eie.gov.tr/turkce/HESproje/turkeyhidro.doc](http://www.eie.gov.tr/turkce/HESproje/turkeyhidro.doc)
- [6] McCuen R. H. , Beighley E. R. , “Seasonal low frequency anlysis” , Journal of Hydrology 2003, Elsevier.
- [7] [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr)
- [8] EİE Tarafından Mühendislik Hizmetleri Yürütülen Hidroelektrik Santral Projeleri Şubat-2007